

# 提高取样积分器稳定性的平衡取样法

焦光龙, 付红卫, 向正义, 王斌科, 戴国宪  
(空军工程大学 导弹学院, 陕西 三原 713800)

**摘要:**提出了一种提高时间分辨率取样积分器稳定性的平衡取样法。利用平衡混频器能够消除本振噪声的原理,将两个单二极管取样门接成对称结构,由一个取样门脉冲控制,通过差分放大消除取样脉冲、偏置电压和二极管参数等变化引起的基线漂移,提高了取样积分器的稳定性。同时,在基于取样积分器的近距离冲激雷达中,可以大大提高接收机的灵敏度和目标检测概率。

**关键词:**平衡取样;冲激雷达;稳定性

**中图分类号:** O211.67    **文献标识码:** A    **文章编号:** 1009-3516(2001)02-0085-03

取样积分器是采用平均取样技术作成的仪器设备,它可以将淹没在强噪声中的重复性电信号复现出来。平均取样技术或称 BOXCAR 积分技术是目前检测和微弱信号很有效的方法之一。它是利用很窄的与信号同步的取样脉冲,对淹没在噪声中的输入信号取样,再利用噪声与信号的非相关性,通过 RC 低通滤波器对取出的样品值进行积分,以达到抑制噪声提取信号的目的。当取样门宽为  $T_g$ , 取样次数为  $N$  时,则信噪比的改善为

$$SINR = \sqrt{N} = \sqrt{\frac{5RC}{T_g}}$$

从上式可以看出,取样次数越多,信噪比的改善越大。而要增加取样次数,需要延长测量时间,即牺牲了时间来获取信噪比的改善。这种方法要求待测信号在测量其间保持稳定,同时也要求测量系统本身具有很高的稳定性。尤其在高时间分辨率情况下,这个问题变得尤为重要。而在实际中,存在着取样脉冲的抖动、脉冲宽度的变化、偏置电压的变化、取样脉冲的不对称和器件的老化等不稳定因素,使取样积分器的基线漂移,严重影响着取样积分器的性能。在基于取样积分器的近距离冲激雷达中,基线漂移可看作是取样接收机的噪声(平均值不等于0),由于它的存在,限制了取样接收机灵敏度的提高,影响雷达的检测性能。

采用低漂移器件、老化挑选以及增加电路来改善漂移的影响,虽然有一定效果,但实际上有一定的困难。目前,普遍采用基线取样方法来改善漂移<sup>[1]</sup>,它的基本原理是在一个周期内先取样信号的有效成分,然后再取信号的基线,两者相减,得到扣除漂移后的信号成分有效幅值。但在基于取样积分器的近距离冲激雷达中,由于多个目标的同时存在,往往事先无法判断那一个距离上无目标,也就不好确定在哪一个距离进行基线取样,所以在冲激雷达中很难采用这个方法。

## 1 高时间分辨率取样积分器的方案及其系统漂移的因素

图1为一般取样积分器的原理框图。当时间分辨率要求较高时,不能直接采用图1的方案。增大取样电容将严重影响门的开关速度,也就是说在采样电路中存在着积累与取样的矛盾,为了保证冲激雷达具有一定的带宽,提高雷达的分辨力,并保证信号不失真,要求波门(取样脉冲)很窄,回路的RC时常数要小,而积累要求RC时常数大,所以就必须要将取样与积累分开<sup>[2]</sup>。为此本文采用了一种新型的高时间分辨率取样积分器,如图2所示。 $R_1$ 和 $R_2$ 为匹配电阻, $C_2$ 为取样电容,一般取值比较小, $R_3$ 为隔离电阻, $C_3$ 为积分电容。当门脉冲到来时,二极管导通,信号在 $C_1$ 上取样,在间隙期 $C_1$ 上取样电压通过 $R_3$ 传给 $C_3$ ,以实现信号的积

收稿日期:2000-01-17

作者简介:焦光龙(1963-),男,陕西三原人,讲师,硕士生,主要从事雷达抗干扰研究。

累。

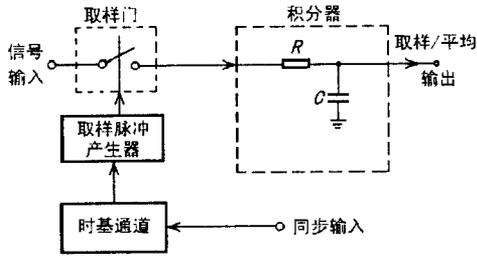


图1 取样积分器的原理框图

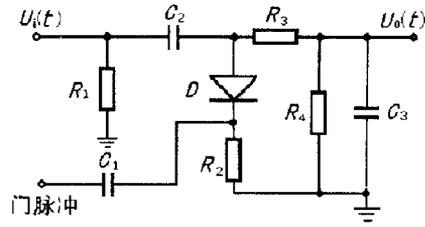


图2 高时间分辨率取样积分器图

高时间分辨率取样积分器产生基线漂移的原因有<sup>[3]</sup>

- 1) 取样电路的电阻、电容随温度变化引起的基线漂移。
- 2) 取样脉冲的变化引起的基线漂移。
- 3) 取样二极管的参数如反向漏电、势垒电压、特性曲线等随温度变化引起的基线漂移。
- 4) 低频放大器以及后面的信号处理电路引起的基线漂移。
- 5) 偏置电压的变化引起的基线漂移。

对于第1)种通过选用温度系数较高的电阻、电容基本上可以解决这个问题。对于第4)种,已有成熟的方法和器件来解决其长期稳定性问题<sup>[4]</sup>。所以第2)、第3)、第5)是该取样积分器基线漂移的主要原因。

## 2 平衡取样积分器的原理

图3为平衡取样积分器的电路原理图,两个单二极管接成对称结构, $C_1 = C_2$ 、 $R_1 = R_2$ 、 $C_3 = C_4$ ,二极管采用共阴极集成的高速开关二极管,两个门电路共用一个取样脉冲,放大器A一般选择共模抑制比较高的差分放大器。

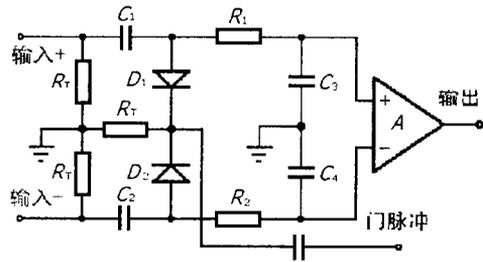


图3 平衡取样积分器的电路原理图

从图3可以看出,由于电路的对称性,正常情况下,偏置电压以及取样脉冲在差分放大器的输入端产生的电压大小是相等、极性相同的,所以在没有信号输入时,其输出等于零,当有信号输入时其输出为

$$u_0 = k(u_1 - u_2)$$

式中  $k$  为差分放大器的增益。下面简要分析这种平衡取样积分器消除基线漂移的原理。

消除偏置电压变化以及二极管参数变化引起的基线漂移。当偏置电压变化时,使得二极管  $D_1$ 、 $D_2$  正极的平均电压发生变化,引起二极管工作点的变化,但由于电路的对称性,使其变化输出为零,从而消除了偏置电压变化引起的基线漂移。

消除二极管参数变化引起的基线漂移。由于两个二极管在电路里是对称连接,各参数变化也是对称变化,所以合成变化输出为零,从而消除二极管参数变化引起的基线漂移。

消除取样脉冲引起的基线漂移。当取样脉冲重复频率、脉冲宽度、脉冲幅度变化时,取样二极管工作点将发生变化,也会引起  $C_1$ 、 $C_2$  上取样脉冲充电电压的变化,但由于电路的对称性,其变化量是相等的,即满足

$$\Delta u_{c_1}(t) = \Delta u_{c_2}(t)$$

由此引起  $U_1$ 、 $U_2$  变化也是相等的,即

$$\Delta u_1(t) = \Delta u_2(t)$$

所以差放的输出为零,从而消除了取样脉冲引起的基线漂移。

综上所述,由于电路的对称性以及选用高共模抑制比差分放大器(典型值为 100 dB),基本上可以消除取样脉冲、偏置电压和二极管参数等变化引起的基线漂移。此外该电路对取样脉冲的噪声也有同样的抑制作用。

### 3 实验及结论

我们按图3电路原理,设计了基于平衡取样积分器的近距离的冲激雷达动目标检测实验系统,该系统主要用于检测固定距离上或一定的距离范围内有没有运动目标。重复频率可在1.8-2.2 MHz之间随机变化,波门宽度为300 ps,发射电压为2 V。接收天线采用平衡馈电宽带天线。实验时波门调在6 m的距离上,先采用单管取样积分器(如图2),在没有运动目标时,输出端仍有1.5 mV(峰值)的输出,这显然是由于基线漂移引起的。在同样条件下,当采用了平衡取样积分器时,输出端几乎看不到输出。

这种新的提高时间分辨率取样积分器稳定性的方法——平衡取样法,由于采用了对称结构电路,基本上消除了取样脉冲、偏置电压和二极管参数等变化引起的基线漂移。由于电路简单,对信号的重复频率没有特殊要求,它可以广泛应用于采用平衡馈电宽带天线的冲激雷达中,也可以用此原理来对消天线的直达波干扰。

#### 参考文献:

- [1] Shane Cloude, Paul Smith. Analysis of time domain ultra wide radar signals[J]. SPIE, 1992, 16: 111-122.
- [2] Lujing Cai, Hong Wang, Clifford. Moving target detection performance of UWB radar[J]. SPIE, 1993, 18: 2-13.
- [3] David G, Falconer. Ultra-wide Differential Radar[J], SPIE, 1992, 16: 266-231.
- [4] 彭长青. 超宽带雷达接收机研究[D]. 长沙: 国防科技大学, 1991.

### Balanced Sampling—a way to Promote the Stability of Sampling Integrator

JIAO Guang-long, FU Hong-wei, XIANG Zheng-yi, WANG Bin-ke, DAI Guo-xian  
(The Missile Institute of the Air Force Engineering University (AFEU.), Sanyuan 713800, China)

**Abstract.** This paper presents the balanced sampling—a way to promote the stability of high time resolution sampling integrator. The balanced mixer has the property of eliminating the local oscillation, so based on this principle, two single diode sampling circuits controlled by one sampling impulse are linked symmetrically. Through differencing amplifier, the datum line drift caused by the change of impulse, bias as well as diode is eliminated, and thus the stability of sampling integrator is promoted. Besides, in short-distance impulse radar based on sampling integrator, the method can greatly increase the sensitivity and target-inspecting rate of receiver.

**Key words.** balanced sampling; integrator; impulse radar; stability